

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-63297

(43)公開日 平成10年(1998)3月6日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F 1	技術表示箇所
G 1 0 L	9/14		G 1 0 L 9/14	F
	9/18		9/18	J
H 0 3 M	7/30	9382-5K	H 0 3 M 7/30	E
				B

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平8-216319

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(22)出願日 平成8年(1996)8月16日

(72)発明者 赤嶺 政巳

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 天田 皇

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

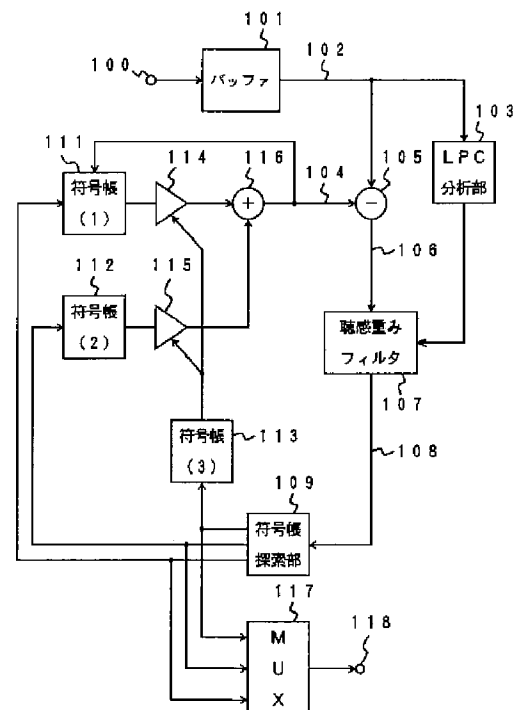
(74)代理人 介理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54)【発明の名称】 音声符号化方法および装置

(57)【要約】

【課題】低ビットレート、低遅延であって、かつ再生音声の品質を高めることができる音声符号化方法および装置を提供する。

【解決手段】音声信号のベクトル量子化のための符号ベクトルを格納した符号帳111、112を有し、これらの符号帳から取り出した符号ベクトルを用いて再生音声ベクトル104を生成し、入力音声信号を目標ベクトル102として目標ベクトルに対する再生音声ベクトルの誤差を表す誤差ベクトル106を生成し、この誤差ベクトルをホストフィルタの伝達関数の逆特性を含ませた伝達関数を有する聴感重みフィルタ107に通して重み付き誤差ベクトル108を生成し、この重み付き誤差ベクトルが最小となる符号ベクトルを符号帳探索部109により符号帳111、112から探索し、探索した符号ベクトルに対応するインデックスを符号化パラメータとしてマルチプレクサ117から出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 音声信号の符号化のための複数の符号ベクトルを格納した符号帳を有し、
この符号帳から取り出した符号ベクトルを用いて再生音声ベクトルを生成するとともに、符号化対象の入力音声信号を目標ベクトルとして、この目標ベクトルに対する再生音声ベクトルの誤差を表す誤差ベクトルを生成し、この誤差ベクトルを再生音声信号のスペクトルを強調するフィルタの伝達関数の逆特性を含ませた伝達関数を有する聴感重みフィルタに通して重み付き誤差ベクトルを生成し、この重み付き誤差ベクトルが最小となる符号ベクトルを前記符号帳から探索して、該探索した符号ベクトルに対応するインデックスを符号化パラメータとして出力することを特徴とする音声符号化方法。

【請求項2】 音声信号の符号化のための複数の符号ベクトルを格納した符号帳と、
前記符号帳から取り出した符号ベクトルを用いて再生音声ベクトルを生成する再生音声ベクトル生成手段と、
符号化対象の入力音声信号を目標ベクトルとして、この目標ベクトルに対する前記再生音声ベクトルの誤差を表す誤差ベクトルを生成する誤差ベクトル生成手段と、
再生音声信号のスペクトルを強調するフィルタの伝達関数の逆特性を含ませた伝達関数を有し、前記誤差ベクトルを入力として重み付き誤差ベクトルを出力する聴感重みフィルタと、
前記重み付き誤差ベクトルが最小となる符号ベクトルを前記符号帳から探索する探索手段と、
前記探索手段により探索された符号ベクトルに対応するインデックスを符号化パラメータとして出力する手段とを備えたことを特徴とする音声符号化装置。

【請求項3】 音声信号の符号化のための複数の符号ベクトルを格納した符号帳を有し、
この符号帳から取り出した符号ベクトルを用いて再生音声ベクトルを生成するとともに、
符号化対象の入力音声信号についてスペクトル強調を行った音声信号を目標ベクトルとして、この目標ベクトルに対する再生音声ベクトルの誤差を表す誤差ベクトルを生成し、
この誤差ベクトルを聴感重みフィルタに通して得られた重み付き誤差ベクトルが最小となる符号ベクトルを前記符号帳から探索して、該探索した符号ベクトルに対応するインデックスを符号化パラメータとして出力することを特徴とする音声符号化方法。

【請求項4】 音声信号の符号化のための複数の符号ベクトルを格納した符号帳と、
前記符号帳から取り出した符号ベクトルを用いて再生音声ベクトルを生成する再生音声ベクトル生成手段と、
符号化対象の入力音声信号についてスペクトル強調を行うブリフィルタと、

前記ブリフィルタによってスペクトル強調された音声信号を目標ベクトルとして、この目標ベクトルに対する前記再生音声ベクトルの誤差を表す誤差ベクトルを生成する誤差ベクトル生成手段と、
前記誤差ベクトルを入力として重み付き誤差ベクトルを出力する聴感重みフィルタと、
前記重み付き誤差ベクトルが最小となる符号ベクトルを前記符号帳から探索する探索手段と、
前記探索手段により探索された符号ベクトルに対応するインデックスを符号化パラメータとして出力する手段とを備えたことを特徴とする音声符号化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、音声を高効率符号化する音声符号化方法および音声符号化装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 電話帯域の音声信号を高効率に圧縮符号化する音声符号化技術は、利用できる電波帯域に限られている携帯電話などの移動体通信や、メモリの有効利用が求められるボイスメールなどの蓄積媒体において今や不可欠の技術になっている。そして現在、ビットレートが低く、かつ符号化処理遅延が小さい方式が求められている。電話帯域の音声信号を4k bps程度の低ビットレートで符号化する方式として、CELP (Code Excited Linear Prediction) 方式は有効な方式の一つである。この方式はフレーム単位に分割された入力音声信号から声道をモデル化した音声合成フィルタの特性を求める処理と、この音声合成フィルタの入力信号に当たる駆動信号を求める処理に大別される。

【0003】 これら処理のうち、後者の駆動信号を求める処理は、駆動ベクトル符号帳に格納された複数の駆動ベクトルを一つずつ合成フィルタに通して生成される合成音声信号の歪、すなわち入力音声信号に対する合成音声信号の誤差信号を計算し、この誤差信号が最小となる駆動ベクトルを探索する処理からなる。これは閉ループ探索と呼ばれており、8k bps程度のビットレートで良好な音質を再生するために非常に有効な方法である。

【0004】 CELP方式に関しては、M.R.Schroeder and B.S.Atal, "Code Excited Linear Prediction (CELP): High Quality Speech at Very Low Bit Rates", Proc. ICASSP, pp. 937-940, 1985 および W.S.Kleijin, D.J.Krasinski et al. "Improved Speech Quality and Efficient Vector Quantization in SELP", Proc. ICASSP, pp. 155-158, 1988 で詳しく述べられている。

【0005】 図11を用いてCELP方式の概略を説明する。入力端子400にフレーム単位で入力される音声信号はLPC分析部(線形予測分析部)401で分析され、ここで重み付き合成フィルタ402のフィルタ係数が求められる。また、入力音声信号は聴感重み付け部403にも入力され、重み付き入力音声信号が生成され

3

る。この重み付き入力音声信号から重み付き合成フィルタ402の零状態応答が差し引かれ、目標ベクトル404が生成される。

【0006】一方、適応符号帳411から駆動ベクトルが一つずつ取り出され、ゲイン乗算器421を介して重み付き合成フィルタ402に駆動信号として入力されることにより合成音声ベクトルが生成される。この合成音声信号ベクトルの歪、すなわち合成音声ベクトルの目標ベクトル404に対する誤差が評価部410で評価され、この誤差がより小さくなるように駆動ベクトルが適応符号帳411から探索され、最適なものが第1の駆動ベクトルとされる。次に、この第1の駆動ベクトルの影響を考慮して、雑音符号帳412から第2の駆動ベクトルが同様にして探索される。最後に、第1および第2の駆動ベクトルにそれぞれゲイン乗算器413、414で図示しないゲイン符号帳から与えられる最適なゲインが乗じられた後、合成されて駆動信号が生成される。この駆動信号によって適応符号帳411の内容の更新が行われ、次フレームの音声信号の入力に備えられる。

【0007】ここで、重み付き合成フィルタ402および聴感重み付け部403は、合成音声信号および入力音声信号について、音声のスペクトルで符号化雑音のスペクトルをマスクすることにより聴感上の音質を改善する目的で用いられる。この動作について詳細に説明する。説明を簡単にするため、入力音声信号と合成音声信号に対して共通化した聴感重みフィルタを用いた図12を参照する。

【0008】図12の音声符号化装置においては、入力音声信号に対する合成音声信号の誤差信号、つまり符号化誤差を表す誤差信号が求められ、聴感重みフィルタ501に入力される。聴感重みフィルタ501は、誤差信号のスペクトルに対して各周波数成分毎に異なる重み付けを行う。適応符号帳411および雑音符号帳412からの駆動ベクトルの探索は、評価部410によって聴感重みフィルタ501で重み付けがなされた誤差信号が最小となるように行われる。合成フィルタ502としては、重み付けを行わないフィルタが用いられる。

【0009】一方、L.A.Gerson and M.A.Jasiuk:Techniques for improving the performance of CELP type speech coders, IEEE Proc. ICASSP91, pp.205-208 に、ピッチ重みフィルタを含む改良された聴感重みフィルタの構成が開示されている。図13はその一構成例であり、ホルマント重みフィルタ601とピッチ重みフィルタ602からなる聴感重みフィルタである。

【0010】ホルマント重みフィルタ601は、入力音声信号のLPC分析によって求められたLPC係数 a_i に基づいてフィルタ係数が設定され、ホルマントの山の部分に小さな重み、谷の部分に大きな重みをそれぞれかけることによって、図14に示すように符号化雑音のスペクトル（以下、雑音スペクトルという）を入力音声信

4

号のスペクトル包絡の形状に整形する働きをする。このホルマント重みフィルタ601の伝達関数 $W(z)$ は、次式で表される。

【0011】

【数1】

$$W(z) = \frac{1 - A(z/\alpha)}{1 - A(z/\beta)} \quad (1)$$

$$A(z) = \sum_{i=1}^P a_i z^{-i} \quad (2)$$

【0012】ここで α は雑音整形の度合いを制御する定数であり、実験的に決められる。典型的な値として、 $\alpha = 0.7 \sim 0.9$ が使われる。Pはフィルタの次数であり、一般にはP=10に設定される。

【0013】ピッチ重みフィルタ602は、入力音声信号の分析で求められたピッチパラメータに基づいてフィルタ係数が設定され、ピッチ調和周波数成分に小さな重み、調和周波数間の成分に大きな重みをそれぞれかけることにより、雑音スペクトルをピッチの調和構造に整形する働きをする。この伝達関数 $C(z)$ は、次式で表される。

【0014】

【数2】

$$C(z) = 1 - \epsilon c z^{-D} \quad (3)$$

【0015】ここで、 c はピッチゲイン、Dはピッチ周期であり、 ϵ は雑音整形の度合いを制御する定数である。典型的な値として、 $\epsilon = 0.4$ が用いられる。なお、フィルタの次数は1次としている。

【0016】図12の音声符号化装置では、適応符号帳411および雑音符号帳412から探索された駆動ベクトルのインデックスと、図示しないゲイン符号帳から探索されたゲインのインデックスおよびLPC分析部401で得られたLPC係数が符号化パラメータとして出力され、伝送される。一方、これに対応する音声復号化装置では、音声符号化装置と同様の合成フィルタ、適応符号帳、雑音符号帳およびゲイン符号帳が用意されており、符号化装置から伝送されてきた符号化パラメータのうちのLPC係数に基づいて合成フィルタの伝達関数が設定され、インデックスに基づいて各符号帳が探索される。

【0017】このようにCELP方式は、聴感重み付けを行った歪みが最小となる駆動ベクトルを閉ループ的に探索している。この方式によると、8kbp/s程度のビットレートで良好な音質を再生することができる。しかし、CELP方式は入力音声信号の符号化を行う際に必要な音声信号のバッファリングサイズが大きく、符号化に際しての処理遅延、つまり入力音声信号が実際に符号化されて符号化パラメータが出力されるまでの処理に要する時間が大きくなってしまいう問題がある。具体

10

20

30

40

50

的には、従来のCELP方式では入力音声信号を20ms～40msの長さのフレームに分割してバッファリングし、フレーム単位でLPC分析とそれにより得られたLPC係数の伝送を行っている。このバッファリングと符号化演算のため、最低でもフレーム長の2倍の処理遅延、すなわち40ms～80msもの遅延が生じる。

【0018】携帯電話などの通信システムにおいて送受間の遅延が大きくなると、回線エコーや音響エコーなどのため通話に障害が生じるため、処理遅延の小さい音声符号化方式が望まれている。音声符号化での処理遅延を小さくするためには、フレーム長を短くすればよいが、フレーム長を短くするとLPC係数の伝送頻度が高くなるため、LPC係数と駆動ベクトルの量子化ビット数を削減せざるを得ず、復号化側で得られる再生音声信号の音質が劣化するという問題がある。

【0019】上述のような従来のCELP方式の問題を解決するために、LPC係数を伝送しない音声符号化方式が考えられる。具体的には、例えば符号帳から取り出した符号ベクトルを用いて合成フィルタを介さずに再生音声ベクトルを生成し、入力音声信号を目標ベクトルとして、この目標ベクトルに対する再生音声信号ベクトルの誤差を表す誤差ベクトルを生成し、この誤差ベクトルを聴感重みフィルタに通して得られたベクトルが最小化となる符号ベクトルを符号帳から探索する。聴感重みフィルタの伝達関数は、入力音声信号について求められたLPC係数に従って設定される。

【0020】しかし、このように符号化側からLPC係数を伝送しない場合には、復号化側に設けられるホストフィルタの伝達特性をいかに制御するかが問題となる。すなわち、CELP方式では4kbp/s以下のビットレートで符号化を行う場合、良好な音質が得られないため、復号化側に主として再生音声信号のスペクトル強調（ホルマント強調ともいう）を行って主観品質を向上させるためのホストフィルタを設ける必要がある。このホストフィルタは、スペクトル強調に関しては、通常、符号化側から供給されるLPC係数によって伝達関数が制御される構成となっているが、上記のようにLPC係数が符号化側から伝送されない場合には、このような伝達関数の制御が不可能となってしまう。

【0021】また、従来のCELP方式では、LPC係数の量子化を量子化誤差最小化の規範で、言い換えると開ループ的に行っている。このため、LPC係数の量子化誤差が最小となっても再生音声信号の歪みが最小となる保証はなく、ビットレートが低くなると再生音声信号の品質が劣化してしまう。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来のCELP方式による音声符号化装置では、低ビットレートおよび低遅延を図ろうとすると、再生音声の音質が劣化するという問題があった。また、低ビットレートと

低遅延の達成のために、合成フィルタを用いず、LPC係数のような入力音声信号のスペクトル包絡を表すパラメータを伝送しない構成にすると、低ビットレート時に復号化側で必要なホストフィルタの伝達関数を制御できず、ホストフィルタによる音質向上を望むことができなくなるという問題があった。

【0023】本発明は、上記の問題点を解決するためになされたもので、低ビットレート、低遅延であって、かつ再生音声の品質を高めることができる音声符号化方法および装置を提供することを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明は合成フィルタを用いずに再生音声信号ベクトルを生成し、入力音声信号のスペクトル包絡を表すパラメータを伝送しない音声符号化を行う際、本来は復号化側で使用されるホストフィルタに含まれるスペクトル強調フィルタの伝達関数の逆特性に基づいて聴感重みフィルタの伝達関数を変化させるか、または入力音声信号に対して符号化前にスペクトル強調フィルタ処理を行うことを骨子とするものである。

【0025】すなわち、本発明に係る第1の音声符号化方法は、音声信号の符号化のための複数の符号ベクトルを格納した符号帳を有し、この符号帳から取り出した符号ベクトルを用いて再生音声ベクトルを生成するとともに、符号化対象の入力音声信号を目標ベクトルとして、この目標ベクトルに対する再生音声ベクトルの誤差を表す誤差ベクトルを生成し、この誤差ベクトルを再生音声信号のスペクトルを強調するフィルタの伝達関数の逆特性を含ませた伝達関数を有する聴感重みフィルタに通して重み付き誤差ベクトルを生成し、この重み付き誤差ベクトルが最小となる符号ベクトルを符号帳から探索して、探索した符号ベクトルに対応するインデックスを符号化パラメータとして出力することを特徴とする。

【0026】また、この音声符号化方法を実行するための第1の音声符号化装置は、音声信号の符号化のための複数の符号ベクトルを格納した符号帳と、この符号帳から取り出した符号ベクトルを用いて再生音声ベクトルを生成する再生音声ベクトル生成手段と、符号化対象の入力音声信号を目標ベクトルとして、この目標ベクトルに対する再生音声ベクトルの誤差を表す誤差ベクトルを生成する誤差ベクトル生成手段と、再生音声信号のスペクトルを強調するフィルタの伝達関数の逆特性を含ませた伝達関数を有し、誤差ベクトルを入力として重み付き誤差ベクトルを出力する聴感重みフィルタと、この重み付き誤差ベクトルが最小となる符号ベクトルを符号帳から探索する探索手段と、この探索手段により探索された符号ベクトルに対応するインデックスを符号化パラメータとして出力する手段とを備えたことを特徴とする。

【0027】本発明に係る第2の音声符号化方法は、音声信号の符号化のための複数の符号ベクトルを格納した

符号帳を有し、この符号帳から取り出した符号ベクトルを用いて再生音声ベクトルを生成するとともに、符号化対象の入力音声信号についてスペクトル強調を行って得られた音声信号を目標ベクトルとして、この目標ベクトルに対する再生音声ベクトルの誤差を表す誤差ベクトルを生成し、この誤差ベクトルを聴感重みフィルタに通して得られた重み付き誤差ベクトルが最小となる符号ベクトルを符号帳から探索して、探索した符号ベクトルに対応するインデックスを符号化パラメータとして出力することを特徴とする。

【0028】また、この音声符号化方法を実行するための第2の音声符号化装置は、音声信号の符号化のための複数の符号ベクトルを格納した符号帳と、この符号帳から取り出した符号ベクトルを用いて再生音声ベクトルを生成する再生音声ベクトル生成手段と、符号化対象の入力音声信号についてスペクトル強調を行うプリフィルタと、このプリフィルタによってスペクトル強調された音声信号を目標ベクトルとして、この目標ベクトルに対する再生音声ベクトルの誤差を表す誤差ベクトルを生成する誤差ベクトル生成手段と、この誤差ベクトルを入力として重み付き誤差ベクトルを出力する聴感重みフィルタと、この重み付き誤差ベクトルが最小となる符号ベクトルを符号帳から探索する探索手段と、この探索手段により探索された符号ベクトルに対応するインデックスを符号化パラメータとして出力する手段とを備えたことを特徴とする。

【0029】このような構成により、本発明によると低ビットレートおよび低遅延を達成しつつ、再生音声の品質を向上させることができる。従来のCELP方式では、符号化パラメータの一部としてLPC係数を伝送する必要があり、そのために符号化の低ビットレート化、低遅延化に伴って音質が劣化する問題があった。従来のCELP方式の場合、LPC係数は音声信号の持つ短期の相関を取り除くために用いられていたが、本発明では音声信号の持つ相関をベクトル量子化の技術を用いて除去し、LPC係数を伝送しない構成としている。このようにLPC係数は復号化側へ伝送する必要がなく、聴感重みフィルタさらにプリフィルタの伝達関数の設定にのみ用いられるため、符号化の際のフレーム長を短くでき、それだけ処理遅延も短くなる。

【0030】そして、本発明においては、通常は復号化側に設けられるホストフィルタの機能のうち、特にLPC係数のようなスペクトル包絡を表すパラメータを必要とするスペクトル強調については、聴感重みフィルタにその機能を持たせるか、または符号化の前にプリフィルタによってスペクトル強調を行っている。従って、ホストフィルタの処理に必要なパラメータを伝送しないにもかかわらず、低ビットレートでも良好な音質が得られる。また、復号化側においてはホストフィルタが不要となるか、あるいはホストフィルタがスペクトル強調を含

まないか、または僅かなスペクトル強調を行う簡単なものでよく、フィルタリングに要する演算量が削減される。

【0031】さらに、本発明では入力音声信号を目標ベクトルとして再生音声信号ベクトルの誤差ベクトルに聴感重みフィルタの処理を施し、重み付けされた誤差の最小化の規範でベクトル量子化のための符号帳から符号ベクトルの探索を行うことにより、従来は閉ループ的に符号化されていたLPC係数を含んだ形で符号帳の探索を閉ループ的に行うことができ、主観的なレベルで音質の改善が期待できることになる。

【0032】

【発明の実施の形態】

（第1の実施形態）図1は本発明の第1の実施形態に係る音声符号化装置の構成を示すブロック図である。この音声符号化装置は、バッファ101、LPC分析部103、減算器105、聴感重みフィルタ107、符号帳探索部109、第1～第3の符号帳111、112、113、ゲイン乗算器114、115、加算器116およびマルチプレクサ117からなる。

【0033】入力端子100からの入力音声信号は、バッファ101に一時蓄積される。LPC分析部103は、バッファ101を介して入力音声信号のLPC分析（線形予測分析）をフレーム単位で行い、入力音声信号のスペクトル包絡を表すパラメータであるLPC係数を出力する。減算器105は、バッファ101から出力される入力音声信号を目標ベクトル103として、この目標ベクトル103から再生音声信号ベクトル104を差し引き、聴感重みフィルタ107に誤差ベクトル106を出力する。聴感重みフィルタ107は、誤差ベクトル106に対して、LPC分析部103で得られたLPC係数に従って再生音声信号の主観音質を聴感的に改善するために周波数毎に異なる重み付けを行い、重み付き誤差ベクトル108を符号帳探索部109に出力する。符号帳探索部109は、重み付き誤差ベクトル108を受けて、再生音声信号の重み（誤差）最小化の規範で、第1～第3の符号帳111、112、113について符号ベクトルの探索を行う。マルチプレクサ117は、符号帳111、112、113について探索された符号ベクトルのインデックスを符号列に変換して多重化し、これを符号化パラメータとして出力端子118に出力する。

【0034】第1および第2の符号帳111、112はベクトル量子化の技術を利用して音声の長期相関および短期相関をそれぞれ取り除くための符号帳であり、第3の符号帳113は符号ベクトルに与えるゲインを量子化するための符号帳である。

【0035】図1と図12を比較して分かるように、本実施形態の音声符号化装置は合成フィルタを用いない点が従来のCELP方式の音声符号化装置とは大きく異なっている。

【0036】次に、図2に示すフローチャートを用いて本実施形態の音声符号化装置における符号化手順を説明する。まず、デジタル化された入力音声信号を入力端子100から入力し、フレームと呼ばれる一定間隔の区間に分割して、バッファ101に蓄える（ステップS101）。次に、バッファ101を介して入力音声信号をフレーム単位でLPC分析部102に入力して線形予測分析（LPC分析）を行い、入力音声信号のスペクトル包絡を表すパラメータとしてLPC係数 a_i （ $i=1, \dots, p$ ）を計算する（ステップS102）。このLPC分析は、従来のCELP方式のようにLPC係数を伝送するためのものではなく、聴感重みフィルタ107での雑音スペクトルの整形と、聴感重みフィルタ107にスペクトル強調の逆特性を付与するために行われる。なお、LPC分析を行う単位となるフレーム長は、符号化を行う単位となるフレーム長とは独立に設定できる。

【0037】このようにLPC係数を音声符号化装置から音声復号化に伝送する必要がないため、符号化を行う単位であるフレーム長は、従来のCELP方式におけるフレーム長（20～40ms）より短くてよく、例えば5～10msで十分である。すなわち、LPC係数は伝送しないのであるから、フレーム長を短くしても従来のように再生音声の品質を低下させる要因とならない。LPC分析の方法については、自己相関法など周知の方法を用いることができる。こうして求められたLPC係数は聴感重みフィルタ107に与えられ、後述のように聴感重みフィルタ107の伝達関数 $W(z)$ が設定される（ステップS103）。

【0038】次に、フレーム単位で入力音声信号の符号化の処理を行う。符号化処理は、符号帳探索部109によって第1～第3の符号帳111, 112, 113を後述する歪み最小の規範で順次探索し、各々のインデックスを符号列に変換した上でマルチプレクサ117により多重化することで行われる（ステップS104～S105）。本実施形態の音声符号化装置は、音声信号の持つ冗長性（相関）を音声の周期成分（ピッチ）に基づく長期の相関と音声のスペクトル包絡に係る短期の相関に分けて除去し、冗長性を圧縮する。第1の符号帳111は長期の相関を除去するために、第2の符号帳112は短期の相関を除去するためにそれぞれ用いられる。第3の符号帳113は第1、第2の符号帳111, 112から出力される符号ベクトルのゲインを符号化するためのものである。第1の符号帳110の探索処理について説明する。探索に先立ち、まず聴感重みフィルタ107の伝達関数 $W(z)$ を次式に従って設定する。

【0039】

【数3】

$$W(z) = \frac{1 - A(z/\alpha)}{1 - A(z/\beta)} \times \frac{1}{P(z)} \quad (4)$$

$$P(z) = \frac{1 - A(z/\delta)}{1 - A(z/\gamma)} \quad (5)$$

$$A(z) = \sum_{i=1}^p a_i z^{-i} \quad (6)$$

【0040】ここで、 $P(z)$ は従来のホストフィルタの伝達関数であり、具体的には例えばスペクトル強調フィルタ（ホルマント強調フィルタ）の伝達関数、あるいはこれにピッチ強調フィルタや高域強調フィルタの伝達関数を含ませたものであっても構わない。

【0041】このように、聴感重みフィルタ107の伝達関数 $W(z)$ を式(1)に示した従来の聴感重みフィルタの伝達特性（式(4)の右辺第1項）と、ホストフィルタの伝達関数の逆特性（式(4)の右辺第2項）で構成することにより、雑音スペクトルを入力音声信号のスペクトル包絡の形状に整形すると共に、再生音声信号のスペクトルを従来のホストフィルタと同様に強調することができる。 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ は雑音整形の度合いを制御する定数であり、実験的に決められる。典型的な値は α と γ が0.7～0.9、 β と δ が0.5である。

【0042】第1の符号帳111は、従来のCELP方式における適応符号帳と同様に音声の周期成分（ピッチ）を表現するのに用いられ、この符号帳111に格納される符号ベクトル $e(n)$ は、次式で表されるように過去の再生音声信号をフレーム長分切り出すことにより作成される。

$$e(n) = e(n-L), \quad n=1, \dots, N \quad (7)$$

ここで、 L はラグ、 N はフレーム長である。符号帳探索部109は、まず第1の符号帳111の探索を行う。第1の符号帳111の探索は従来の適応符号帳の探索と同様に、符号帳探索部109において目標ベクトル102と符号ベクトル e を聴感重みフィルタ107に通すことによって得られる歪みを最小とするラグを見出すことによって行われる。ラグは、整数サンプルまたは小数サンプル単位とすることができる。

【0044】次に、符号帳探索部109は第2の符号帳112の探索を行う。この場合、まず減算器105で目標ベクトル102から第1の符号帳111の符号ベクトルを減算して新たな目標ベクトルを得る。そして、第1の符号帳111の探索と同様に目標ベクトル102に対する第2の符号帳112の符号ベクトルの歪み付き歪（誤差）最小化の規範で第2の符号帳112の探索を行う。すなわち、第2の符号帳112からゲイン乗算器114および加算器116を介して出力された符号ベクトル104の目標ベクトル102に対する誤差を減算器1

05で誤差信号ベクトル106として求め、この誤差信号ベクトル106を聴感重みフィルタ107に通して得られるベクトルが最小となる符号ベクトルを符号帳112から探索する。この第2の符号帳112の探索は、CELP方式における雑音符号帳の探索と同様である。この場合、第2の符号帳112の探索のための演算量を削減する目的で、ベクトルサムなどの構造化された符号帳、バックワードフィルタリング、予備選択など周知の技術を利用することもできる。

【0045】次に、符号帳探索部109は第3の符号帳113の探索を行う。第3の符号帳113は、第1、第2の符号帳111、112に格納された符号ベクトルに乗じるゲインを要素に持つ符号ベクトルを格納している。第3の符号帳113からの最適な符号ベクトルの探索は、第1、第2の符号帳111、112から取り出された符号ベクトルにゲイン乗算器114、115でゲインを乗じた後、加算器116で加算して得られた再生音声信号ベクトル104の目標ベクトル102に対する重み付き歪（誤差）を最小化する規範で、周知の方法により行われる。

【0046】符号帳探索部109は、第1～第3の符号帳111、112、113から探索した符号ベクトルに対応するインデックスをマルチプレクサ117に出力する。マルチプレクサ117は、入力された3つのインデックスを符号列に変換して多重化し、符号化パラメータとして出力端子118に出力する。出力端子118に出力された符号化パラメータは、図示しない伝送路または蓄積媒体を介して後述する音声復号化装置に伝送される。

【0047】最後に、符号帳探索部109で求められた第1、第2の符号帳111、112のインデックスに対応する符号ベクトルに、同じく符号帳探索部109で求められた第3の符号帳113のインデックスに対応するゲインがゲイン乗算器114、115により乗じられた後、加算器116で加算されることにより再生音声信号ベクトル104が求められ、これに基づいて第1の符号帳111の内容が更新されることにより、入力端子100への次のフレームの音声信号入力に備える。

【0048】次に、図3を参照して図1の音声符号化装置に対応する第1の実施形態に係る音声復号化装置について説明する。この音声復号化装置は、デマルチプレクサ201、第1～第3の符号帳211、212、213、ゲイン乗算器214、215および加算器216からなる。第1～第3の符号帳211、212、213には、それぞれ図1の第1～第3の符号帳111、112、113に格納されている符号ベクトルと同じ符号ベクトルが格納されている。

【0049】入力端子200には、図1に示した音声符号化装置から出力される符号化パラメータが図示しない伝送路または蓄積媒体を介して入力される。この符号化

パラメータはデマルチプレクサ201に入力され、図1中の符号帳111、112、113について探索した符号ベクトルに対応する3つのインデックスが分離された後、符号帳211、212、213に供給される。これにより符号帳211、212、213からは、符号帳111、112、113から探索された符号ベクトルと同じ符号ベクトルが取り出される。

【0050】第1、第2の符号帳211、212から取り出された符号ベクトルは、ゲイン乗算器214、215により第3の符号帳213からの符号ベクトルで示されるゲインが乗じられた後、加算器216で加算されることによって、再生音声信号ベクトルが出力端子217より出力される。また、再生音声信号ベクトルに基づいて第1の符号帳211の内容が更新されることにより、入力端子200への次のフレームの符号化パラメータの入力に備える。

【0051】従来のCELP方式に基づく音声復号化装置では、加算器216から出力される信号がLPC係数によって伝達特性が決定される合成フィルタに駆動信号として入力される構成となっている。また、特に符号化のビットレートが4kbp/s以下のような低レートの場合、合成フィルタから出力される再生音声信号がホストフィルタを介して出力される構成となっている。

【0052】これに対し、本実施形態では図1に示した音声符号化装置側で合成フィルタが省略されていることに対応して、音声復号化装置においても合成フィルタは省略されている。さらに、図1の音声符号化装置内の聴感重みフィルタ107においてホストフィルタの処理が行われていることにより、図3の音声復号化装置にはホストフィルタが不要となっている。

【0053】（第2の実施形態）図4は、本発明の第2の実施形態に係る音声符号化装置の構成を示すブロック図である。本実施形態が第1の実施形態と異なるところは、第2の符号帳112に格納された符号ベクトル間の相関を取り除くために予測器121を設け、さらに予測器121を制御するための第4の符号帳122を追加した点である。

【0054】図5は、予測器121の具体的な実現例としてMA型予測器の構成を示すブロック図である。この予測器は1ベクトル分の遅延を行うベクトル遅延器301、302と、行列乗算器303、304、305および加算器306により構成され、第1の行列乗算器303には予測器121の入力ベクトルが入力され、第2の行列乗算器304には1段目のベクトル遅延器301の出力ベクトルが入力され、第3の行列乗算器305には2段目のベクトル遅延器302の出力ベクトルが入力される。そして、行列乗算器303、304、305の出力ベクトルが加算器306で加算され、予測器121の出力ベクトルが生成される。

【0055】従って、予測器121の入力ベクトルおよ

10

20

30

40

50

び出力ベクトルをX、Yとし、行列乗算器303、304、305において各々の入力ベクトルに乗じる係数行列をA0、A1、A2とおくと、予測器121の動作は

$$Y_n = A_0 * X_n - A_1 * X_{n-1} + A_2 * X_{n-2} \quad (8)$$

ここで、 X_{n-1} は X_n を1ベクトル分遅延したベクトル、 X_{n-2} は X_{n-1} を1ベクトル分遅延したベクトルある。係数行列A0、A1、A2は予め周知の学習法により求められ、第4の符号帳122に符号化ベクトルとして格納されている。

【0057】以下、本実施形態の動作を第1の実施形態との相違点を中心に説明する。まず、フレーム単位で入力音声信号のLPC分析と、聴感重みフィルタ107の伝達関数の設定を第1の実施形態と同様に行い、次いで符号帳探索部119において第1の符号帳111の探索を第1の実施形態と同様に行う。

【0058】次に、符号帳探索部119による第2の符号帳112の探索は、符号帳112から取り出した符号ベクトルを予測器121に入力して予測ベクトルを生成し、この予測ベクトルと目標ベクトル102との重み付き歪が最小となる符号ベクトルを第2の符号帳112から探索することによって行われる。予測ベクトルは、第4の符号帳122から符号ベクトルとして与えられる係数行列A0、A1、A2を用いて、式(8)に従って計算される。第2の符号帳112の探索は、第4の符号帳122に格納された全ての符号ベクトルに対して行われる。従って、第2の符号帳112と第4の符号帳122の探索は同時に行われる。

【0059】また、本実施形態では第1～第3の符号帳111、112、113に加えて第4の符号帳122が設けられていることに伴い、マルチプレクサ127では第1～第4の符号帳111、112、113、122からの4つのインデックスを符号列に変換して多重化し、これを符号化パラメータとして出力端子127より出力する構成となっている。

【0060】図6は、図4の音声符号化装置に対応する音声復号化装置の構成を示すブロック図である。この音声復号化装置が図3に示した第1の実施形態の音声復号化装置と異なるところは、図4の音声符号化装置と対応して第2の符号帳212に格納された符号ベクトル間の相関を取り除くために予測器221を設け、これに伴い符号帳として第4の符号帳222を追加した点である。予測器221は符号化装置内の予測器121と同様であり、例えば図5のように構成される。

【0061】入力端子200には、図4に示した音声符号化装置から出力される符号化パラメータが図示しない伝送路または蓄積媒体を介して入力される。この符号化パラメータはデマルチプレクサ210に入力され、図4中の符号帳111、112、113、121について探索した符号ベクトルに対応する4つのインデックスが分離された後、符号帳211、212、213、222に

次式で表される。

【0056】

供給される。これにより符号帳211、212、213、222からは、符号帳111、112、113、121から探索された符号ベクトルと同じ符号ベクトルが取り出される。第1の符号帳211からの符号ベクトルは、ゲイン乗算器214により第3の符号帳213からの符号ベクトルで示されるゲインが乗じられた後、加算器216に入力される。第2の符号帳212からの符号化ベクトルは予測器221に入力され、予測ベクトルが生成される。この予測ベクトルは加算器216に入力され、ゲイン乗算器214でゲインが乗じられた第1の符号帳211からの符号ベクトルと加算されることにより、再生音声信号が出力端子217より出力される。

【0062】(第3の実施形態)第1および第2の実施形態では、聴感重みフィルタ107の伝達関数をホストフィルタの伝達関数の逆特性に基づいて制御することにより、再生音声信号のスペクトルを強調する構成となっているが、符号化処理の前に入力音声信号にスペクトル強調のフィルタリングを施すことにより、再生音声信号のスペクトル強調を図ることも可能である。

【0063】図7は、この方法に基づく第3の実施形態に係る音声符号化装置の構成を示すブロック図である。第1の実施形態との相違点は、バッファ101の後段にプリフィルタ130を設けたことと、聴感重みフィルタ137の伝達関数をホストフィルタの特性を含まないように変えたことである。

【0064】次に、図8に示すフローチャートを用いて本実施形態の音声符号化装置における符号化手順を説明する。まず、デジタル化された入力音声信号を入力端子100から入力し、フレームと呼ばれる一定間隔の区間に分割して、バッファ101に蓄える(ステップS201)。次に、バッファ201を介して入力音声信号をフレーム単位でLPC分析部102に入力して線形予測分析(LPC分析)を行い、入力音声信号のスペクトル包絡を表すパラメータとしてLPC係数 a_i ($i=1, \dots, p$)を計算する(ステップS202)。このLPC分析は、従来のCELP方式のようにLPC係数を伝送するためのものではなく、プリフィルタ130でのスペクトル強調と、聴感重みフィルタ137での雑音スペクトルの整形のために行われる。LPC分析の方法については、自己相関法など周知の方法を用いることができる。LPC係数はプリフィルタ130と聴感重みフィルタ137に与えられ、プリフィルタ130の伝達関数 $P_{re}(z)$ と聴感重みフィルタ137の伝達関数 $W(z)$ が設定される(ステップS203、S204)。

【0065】次に、フレーム単位で入力音声信号の符号化の処理を行う。符号化処理は、符号帳探索部109に

10

20

30

40

50

よって第1～第3の符号帳111, 112, 113を後述する重み最小の規範で順次探索し、各々のインデックスを符号列に変換した上でマルチプレクサ117により多重化することで行われる（ステップS205～S206）。

【0066】本実施形態の音声符号化装置は、音声信号の持つ冗長性（相関）を音声の周期成分（ピッチ）に基づく長期の相関と音声のスペクトル包絡に係る短期の相関に分けて除去し、冗長性を圧縮する。第1の符号帳111は長期の相関を除去するために、第2の符号帳112は短期の相関を除去するためにそれぞれ用いられる。第3の符号帳113は第1、第2の符号帳111, 112から出力される符号ベクトルのゲインを符号化するためのものである。

【0067】第1の符号帳111の探索処理について説明する。探索に先立ち、まずプリフィルタ130の伝達関数 $Pre(z)$ と聴感重みフィルタ107の伝達関数 $W(z)$ を次式に従って設定する。

【0068】

【数4】

$$Pre(z) = \frac{1 - A(z/\delta)}{1 - A(z/\gamma)} \quad (9)$$

$$W(z) = \frac{1 - A(z/\alpha)}{1 - A(z/\beta)} \quad (10)$$

$$A(z) = \sum_{i=1}^P a_i z^{-i} \quad (11)$$

【0069】ここで、 γ , δ はスペクトル強調の度合いを制御する定数であり、 α , β は雑音整形の度合いを制御する定数であり、実験的に決められる。このように本実施形態では、聴感重みフィルタ137の伝達関数 $W(z)$ は式(1)に示した従来の聴感重みフィルタの伝達特性と同様であり、プリフィルタ130としてスペクトル強調を行うフィルタを設けることによって、聴感重みフィルタ137により雑音スペクトルを入力音声信号のスペクトル包絡の形状に整形すると共に、再生音声信号のスペクトルを従来のホストフィルタと同様にプリフィルタ130により強調することができる。

【0070】第1の符号帳111は、従来のCELP方式における適応符号帳と同様に音声の周期成分（ピッチ）を表現するのに用いられ、この符号帳111に格納される符号ベクトル $e(n)$ は、式(7)に示したように過去の再生音声信号をフレーム長分切り出すことにより作成される。

【0071】符号帳探索部109は、まず第1の符号帳111の探索を行う。第1の符号帳111の探索は従来の適応符号帳の探索と同様に、符号帳探索部109において目標ベクトル102と符号ベクトル e を聴感重みフ

ィルタ107に通すことによって得られる重みを最小とするラグを見出すことによって行われる。ラグは、整数サンプルまたは小数サンプル単位とすることができる。

【0072】次に、符号帳探索部109は第2の符号帳112の探索を行う。この場合、まず減算器105で目標ベクトル102から第1の符号帳111の符号ベクトルを減算して新たな目標ベクトルを得る。そして、第1の符号帳111の探索と同様に目標ベクトル102に対する第2の符号帳112の符号ベクトルの重み付き重

（誤差）最小化の規範で第2の符号帳112の探索を行う。すなわち、第2の符号帳112からゲイン乗算器114および加算器116を介して出力された符号ベクトル104の目標ベクトル102に対する誤差を減算器105で誤差信号ベクトル106として求め、この誤差信号ベクトル106を聴感重みフィルタ107に通して得られるベクトルが最小となる符号ベクトルを符号帳112から探索する。この第2の符号帳112の探索は、CELP方式における雑音符号帳の探索と同様である。この場合、第2の符号帳112の探索のための演算量を削減する目的で、ベクトルサムなどの構造化された符号帳、バックワードフィルタリング、予備選択など周知の技術を利用することもできる。

【0073】次に、符号帳探索部109は第3の符号帳113の探索を行う。第3の符号帳113は、第1、第2の符号帳111, 112に格納された符号ベクトルに乘じるゲインを要素に持つ符号ベクトルを格納している。第3の符号帳113からの最適な符号ベクトルの探索は、第1、第2の符号帳111, 112から取り出された符号ベクトルにゲイン乗算器114, 115でゲインを乗じた後、加算器116で加算して得られた再生音声信号ベクトル104の目標ベクトル102に対する重み付き重（誤差）を最小化する規範で、周知の方法により行われる。

【0074】符号帳探索部109は、第1～第3の符号帳111, 112, 113について探索した符号ベクトルに対応するインデックスをマルチプレクサ117に出力する。マルチプレクサ117では、入力された3つのインデックスを符号列に変換して多重化し、これを符号化パラメータとして出力端子118に出力する。出力端子118に出力された符号化パラメータは、図示しない伝送路または蓄積媒体を介して後述する音声復号化装置に伝送される。

【0075】最後に、符号帳探索部109で求められた第1、第2の符号帳111, 112のインデックスに対応する符号ベクトルに、同じく符号帳探索部109で求められた第3の符号帳113のインデックスに対応するゲインがゲイン乗算器114, 115により乗じられた後、加算器116で加算されることにより再生音声信号ベクトルが求められ、これに基づいて第1の符号帳111の内容が更新されることにより、入力端子100への

次のフレームの音声信号入力に備える。

【0076】（第4の実施形態）図10は、本発明の第3の実施形態に係る音声復号化装置の構成を示すブロック図である。本実施形態の音声復号化装置は、図3に示した第1の実施形態の音声復号化装置における加算器216の出力側に、LPC分析部231およびホストフィルタ232を追加した構成となっている。LPC分析部231は、再生音声信号をLPC分析してLPC係数を求める。ホストフィルタ232は、LPC係数に基づいて伝達関数が設定されるスペクトル強調フィルタにより

スペクトル強調を行う。さらに、ホストフィルタ232は必要に応じて、マルチプレクサ201から第1の符号帳211に入力されるインデックスに基づいてピッチ情報を求め、このピッチ情報に基づいて伝達関数が設定されるピッチ強調フィルタによりピッチ強調を行う。

【0077】ここで、図1に示した第1の実施形態の音声符号化装置においては、聴感重みフィルタ107の伝達関数にホストフィルタの伝達関数の逆特性が含まれていることにより、音声符号化装置においてホストフィルタの処理のうちのスペクトル強調処理の一部が実質的に

行われている。従って、図10の音声復号化装置内のホストフィルタ232においては、少なくともスペクトル強調については非常に簡易な処理でよく、その処理に必要な演算量は僅かで済む。

【0078】なお、図10においてLPC分析部231を除去し、ホストフィルタ232でスペクトル強調を除くピッチ強調などのフィルタリング処理のみを行うようにしてもよい。

【0079】
【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば音声信号の持つ相関をベクトル量子化の技術を用いて除去し、LPC係数のような入力音声信号のスペクトル包絡を表すパラメータを伝送しない構成としているため、パラメータ抽出のための入力音声信号の分析の際のフレーム長を短くでき、それだけ分析のためのバッファリングによる遅延時間も短くなる。

【0080】また、ホストフィルタの機能のうちスペクトル包絡を表すパラメータを必要とするスペクトル強調については、聴感重みフィルタにその機能を持たせるか、または符号化の前にプリフィルタによってスペクトル強調を行うことにより、低ビットレートでも良好な音質が得られる。しかも、復号化側においてはホストフィルタが不要となるか、あるいはホストフィルタがスペクトル強調を含まないか、または僅かなスペクトル強調を行う簡単なものでよい場合、フィルタリングに要する演算量が削減される。

【0081】さらに、入力音声信号を目標ベクトルとして再生音声信号ベクトルの誤差ベクトルに聴感重みフィルタの処理を施し、重み付けされた誤差の最小化の規範でベクトル量子化のための符号帳から符号ベクトルの探

索を行うことにより、スペクトル包絡を表すパラメータを含んだ形で符号帳の探索を閉ループ的に行うことができ、主観的なレベルでの音質改善を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る音声符号化装置の構成を示すブロック図

【図2】第1の実施形態に係る音声符号化装置の符号化手順を示すフローチャート

【図3】第1の実施形態に係る音声復号化装置の構成を示すブロック図

【図4】第2の実施形態に係る音声符号化装置の構成を示すブロック図

【図5】図4中の予測器の構成を示すブロック図

【図6】第2の実施形態に係る音声復号化装置の構成を示すブロック図

【図7】第3の実施形態に係る音声符号化装置の構成を示すブロック図

【図8】第3の実施形態に係る音声符号化装置の符号化手順を示すフローチャート

【図9】第3の実施形態に係る音声復号化装置の構成を示すブロック図

【図10】第4の実施形態に係る音声復号化装置の構成を示すブロック図

【図11】従来の音声符号化装置の構成を示すブロック図

【図12】従来の他の音声符号化装置の構成を示すブロック図

【図13】図12中の聴感重みフィルタの構成を示すブロック図

【図14】従来の雑音スペクトル形成の様子を示す波形図

【符号の説明】

100…入力端子

101…バッファ

103…LPC分析部

105…減算器

107…聴感重みフィルタ

109…符号帳探索部

111…第1の符号帳

112…第2の符号帳

113…第3の符号帳

114, 115…ゲイン乗算器

116…加算器

117…マルチプレクサ

118…出力端子

119…符号帳探索部

121…予測器

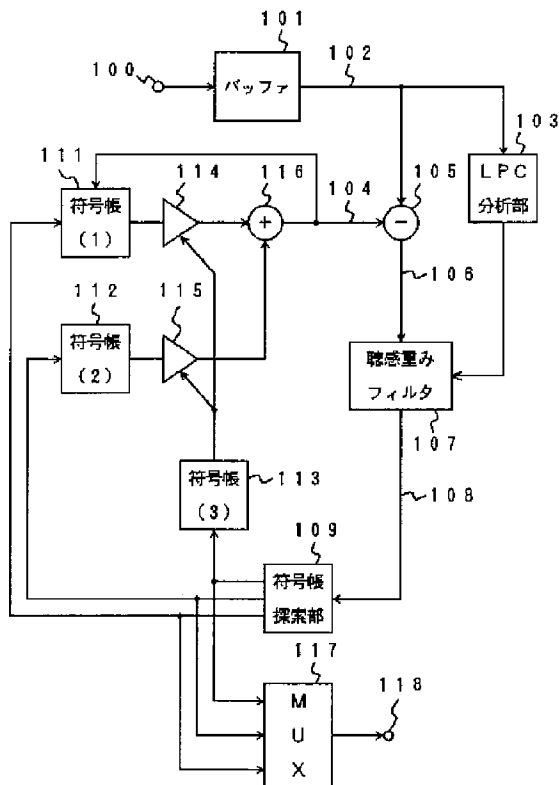
122…第4の符号帳

127…マルチプレクサ

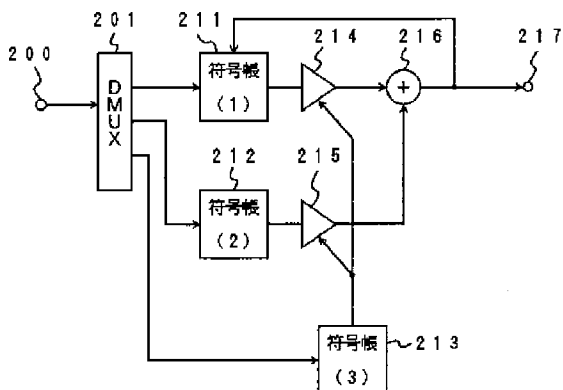
128…出力端子

130…プリフイルタ
 137…聴感重みフィルタ
 200…入力端子
 201…デマルチプレクサ
 211…第1の符号帳
 212…第2の符号帳
 213…第3の符号帳
 214, 215…ゲイン乗算器
 216…加算器

【図1】

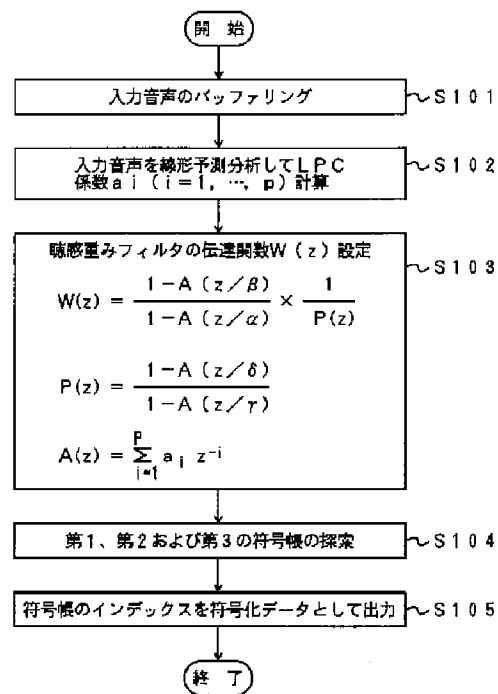


【図3】

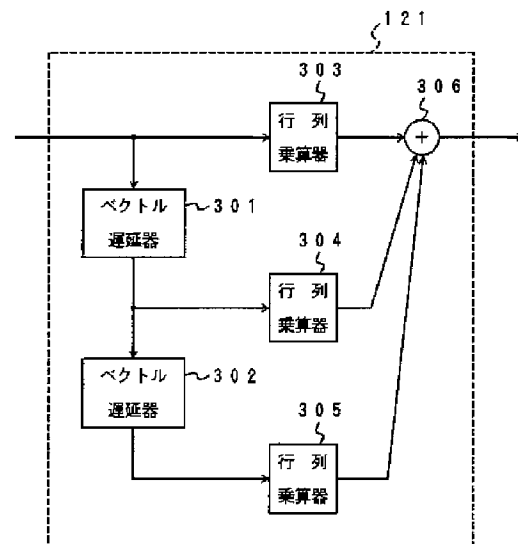


217…出力端子
 221…予測器
 222…第1の符号帳
 231…LPC分析部
 232…ホストフィルタ
 301, 302…ベクトル遅延器
 303, 304, 305…行列乗算器
 306…加算器

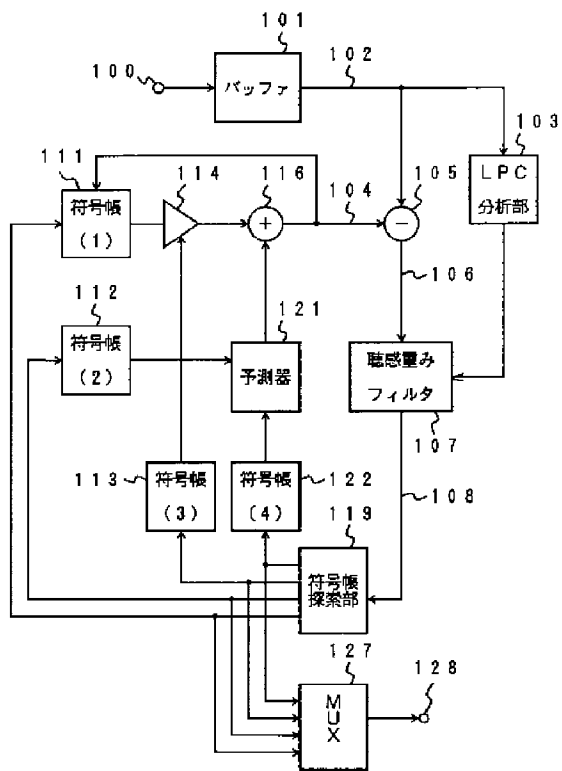
【図2】



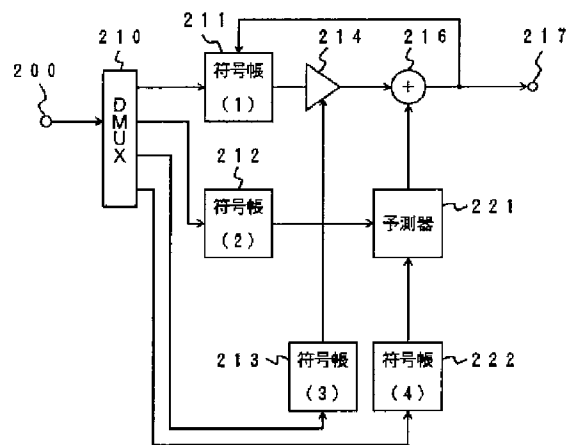
【図5】



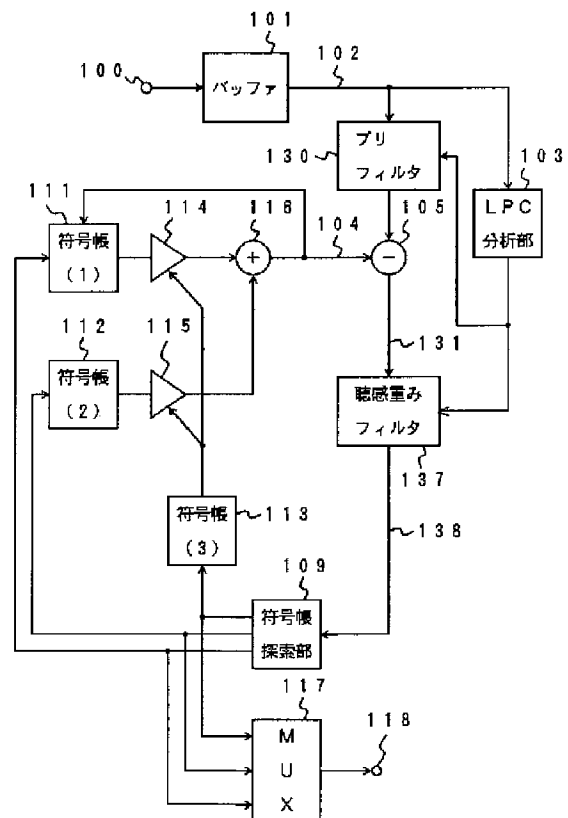
【図4】



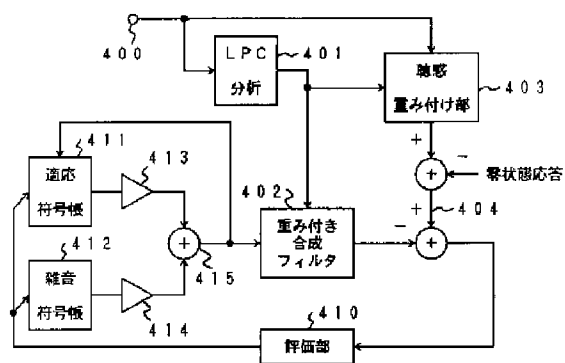
【図6】



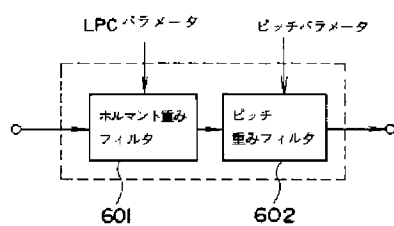
【図7】



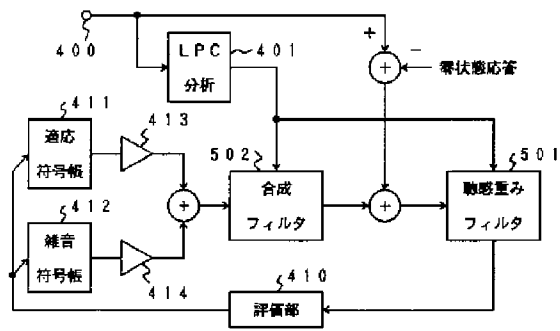
【図11】



【図13】



【図12】



【図14】

